

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 05/06/2026 | aceito: 08/06/2026 | publicação: 11/06/2026

## **O impacto do warehouse management system (wms) e tecnologias digitais na acurácia de inventário e eficiência operacional em centros de distribuição: uma revisão bibliográfica sistemática**

*The impact of warehouse management system (WMS) and digital technologies on inventory accuracy and operational efficiency in distribution centers: a systematic literature review*

El impacto del sistema de gestión de almacenes (WMS) y las tecnologías digitales en la precisión del inventario y la eficiencia operativa en los centros de distribución: una revisión sistemática de la literatura

**Livia Rossetto Honda** - livia.honda@ufms.br

**Fernando Jose Gomez Paredes** - fernando.gomez@ufms.br

### **RESUMO**

Os Sistemas de Gestão de Armazém (WMS) têm sido amplamente adotados em Centros de Distribuição como estratégia para elevar a eficiência operacional e a acurácia do inventário. Objetivo: Analisar, por meio de Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), o impacto do WMS e de tecnologias digitais associadas na acurácia de inventário e na eficiência operacional em Centros de Distribuição. Método: RBS conduzida nas bases Web of Science, Scopus e SciELO, cobrindo publicações de 2009 a 2026, seguindo o protocolo PRISMA 2020. Foram selecionados 34 artigos após triagem por score de relevância, leitura de títulos e resumos e leitura completa com suporte da plataforma Elicit. Resultados: O WMS integrado ao RFID eleva a acurácia do inventário de forma consistente para 98%–99,8%, com reduções expressivas nos tempos de processamento e diminuição substancial dos custos de mão de obra. Os maiores ganhos ocorrem em operações que migram de sistemas manuais para plataformas integradas. A implementação de WMS representa estratégia consolidada para a modernização das operações logísticas, com impactos positivos sobre eficiência, acurácia e nível de serviço, condicionados à prontidão tecnológica e organizacional da instalação.

**Palavras-chave:** sistema de gestão de armazém; WMS; RFID; IoT; acurácia de inventário; eficiência operacional; Centros de Distribuição; engenharia de produção.

### **ABSTRACT**

Warehouse Management Systems (WMS) have been widely adopted in Distribution Centers to improve operational efficiency and inventory accuracy. Objective: To analyze, through a Systematic Literature Review (SLR), the impact of WMS and associated digital technologies on inventory accuracy and operational efficiency in Distribution Centers. Method: SLR conducted in Web of Science, Scopus, and SciELO, covering 2009–2026, following PRISMA 2020 protocol. Thirty-four articles were selected after relevance score screening, title/abstract reading, and full-text analysis supported by the Elicit AI platform. Results: WMS integrated with RFID consistently raises inventory accuracy to 98%–99.8%, with expressive reductions in processing times and substantial decreases in labor costs. The largest gains occur in operations that transition from manual systems to integrated platforms. WMS implementation is a consolidated strategy for modernizing logistics operations, with positive impacts on efficiency, accuracy, and service level.

**Keywords:** warehouse management system; WMS; RFID; IoT; inventory accuracy; operational efficiency; distribution centers; production engineering.

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente complexidade das operações logísticas, impulsionada pela expansão do comércio eletrônico e pela exigência de níveis mais elevados de serviço ao cliente, tornou a acurácia do inventário um indicador crítico de desempenho. Divergências de inventário geram impactos diretos nos custos operacionais, no planejamento de reposição, no nível de serviço e nos resultados financeiros das organizações (BALLOU, 2009). Para enfrentar esse desafio, os Sistemas de Gestão de Armazém (*Warehouse Management System*, WMS) têm sido amplamente adotados como solução tecnológica que integra os processos de recebimento, armazenagem, separação de pedidos e expedição.

A literatura evidencia que a associação do WMS a tecnologias de identificação automática, como a identificação por radiofrequência (Radio Frequency Identification - RFID) e a Internet das Coisas (IoT), potencializa os ganhos operacionais, proporcionando visibilidade em tempo real sobre os fluxos de materiais e reduzindo a dependência de processos manuais sujeitos a erros. Contudo, lacunas ainda persistem na compreensão dos fatores moderadores dos resultados, das barreiras organizacionais e do desempenho dessas tecnologias em diferentes perfis de instalação (ZHEN; LI, 2022; MINASHKINA; HAPPONEN, 2023b).

Diante do exposto, este trabalho é norteado pela seguinte questão de pesquisa: qual é o impacto do WMS e das tecnologias digitais associadas na acurácia do inventário e na eficiência operacional em centros de distribuição? O objetivo geral é analisar esse impacto por meio de RBS. Os objetivos específicos são: identificar as principais tecnologias digitais associadas ao WMS e seus mecanismos de impacto sobre a acurácia do inventário; mapear os resultados de eficiência operacional reportados na literatura; identificar os requisitos organizacionais e tecnológicos para a implementação eficaz; e levantar os principais desafios e barreiras à adoção do WMS em CDs.

Do ponto de vista da Engenharia de Produção, o tema conecta diretamente os campos de gestão de operações, gestão da qualidade, melhoria contínua e automação industrial (CORRÊA, 2017). Este artigo está organizado em cinco seções: referencial teórico, metodologia, resultados e discussão e considerações finais.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O referencial teórico está organizado em três pilares que sustentam a análise dos

**Ano VII, v.1 2026 | submissão: 05/06/2026 | aceito: 08/06/2026 | publicação: 11/06/2026**

resultados: logística de armazenagem, sistemas de Gestão de Armazém (WMS) e tecnologias digitais associadas.

## **2.1 Logística de Armazenagem**

A logística empresarial compreende todas as atividades relacionadas ao planejamento, à execução e ao controle do fluxo eficiente de bens e informações, do ponto de origem ao consumidor final, com a finalidade de atender às exigências dos clientes ao menor custo total (BALLOU, 2009). Nesse contexto, os Centros de Distribuição (CDs) evoluíram de estruturas de apoio a ativos estratégicos centrais da cadeia de suprimentos, exercendo papel decisivo na agilidade do atendimento e na redução dos custos logísticos (MOURA, 2006).

Divergências entre registros sistêmicos e estoques físicos resultam em rupturas de abastecimento, excessos onerosos e discrepâncias contábeis que comprometem a eficiência financeira e operacional das organizações (CORRÊA, 2017). Conforme Assaf Neto (2014), os estoques compõem uma parcela significativa do ativo circulante e seu controle inadequado compromete tanto a liquidez quanto a rentabilidade organizacional.

## **2.2 O Sistema de Gerenciamento de Armazém (WMS)**

Os Sistemas de Gestão de Armazéns (WMS) são plataformas tecnológicas desenvolvidas para planejar, controlar e otimizar as operações internas de armazéns e centros de distribuição. Ao integrar o controle físico das movimentações de estoque a registros digitais em tempo real, o WMS viabiliza a rastreabilidade completa dos itens ao longo de toda a cadeia de armazenagem, desde o recebimento até a expedição, eliminando lacunas de registro, fontes primárias de divergência de inventário (ZHEN; LI, s.d.).

As principais funcionalidades do WMS incluem: controle de endereçamento e localização de produtos, gestão de recebimento e conferência de mercadorias, direcionamento guiado para separação de pedidos (picking e packing), controle de inventário rotativo e cíclico, integração com dispositivos de leitura automática, e geração de relatórios e indicadores de desempenho operacional. Essas funcionalidades contribuem para a eliminação de erros humanos e para a elevação da confiabilidade dos registros de estoque, conectando-se diretamente aos princípios da Melhoria Contínua e da Gestão da Qualidade Total (TQM) amplamente estudados na Engenharia de Produção (CORRÊA, 2017).

Ano VII, v.1 2026 | **submissão: 05/06/2026** | **aceito: 08/06/2026** | **publicação: 11/06/2026**

### 2.3 Tecnologias Digitais Associadas ao WMS

A eficácia do WMS é potencializada pela integração com tecnologias de identificação automática e de conectividade, que, em conjunto, compõem o ecossistema da Logística 4.0. O RFID permite a leitura simultânea de múltiplos itens sem necessidade de linha de visada direta entre leitor e etiqueta, viabilizando inventários em tempo real e rastreabilidade contínua sem interrupção das operações (RUQNUZZAMAN et al., 2026).

A Internet das Coisas (IoT) amplia o ecossistema ao conectar sensores, dispositivos e sistemas em redes integradas de coleta e transmissão de dados em tempo real, aumentando a visibilidade operacional e o controle dos fluxos de materiais nos CDs (PERERA et al., 2023). Conforme Hermann, Pentek e Otto (2016), a convergência dessas tecnologias digitais, físicas e biológicas define o paradigma da Indústria 4.0, que impacta diretamente a gestão de ativos e os sistemas produtivos.

Tecnologias emergentes, como visão computacional com redes neurais convolucionais, robôs autônomos e RFID, estão na fronteira da automação em armazéns. Daios e Kostavelis (2024), em um amplo levantamento sobre tecnologias em centros de distribuição, catalogaram mais de vinte soluções aplicadas à logística interna, confirmando a aceleração do processo de automação no setor. Ekren et al. (2026) denominam esse estágio de Warehousing 5.0 um paradigma que posiciona a colaboração humano-máquina, a sustentabilidade e o bem-estar como pilares centrais dos sistemas logísticos modernos, em consonância com o conceito de Indústria 5.0 descrito por Maddikunta et al. (2022).

## 3 MÉTODO DE PESQUISA

Este artigo adotou como metodologia a Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), uma abordagem estruturada voltada à localização, avaliação e síntese criteriosa de estudos relevantes sobre um determinado tema, definida como um protocolo estruturado e replicável para mapear, avaliar criticamente e sintetizar o conhecimento científico produzido (CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2011). Essa escolha metodológica justifica-se pela natureza da questão de pesquisa: qual é o impacto do WMS e das tecnologias digitais associadas na acurácia de inventário e na eficiência operacional em centros de distribuição? Pela abrangência da resposta desejada, optou-se por mapear a literatura confiável da produção científica para apresentar resultados sintetizados e relevantes.

Quanto à natureza, trata-se de pesquisa qualitativa, que busca compreender os

**Ano VII, v.1 2026 | submissão: 05/06/2026 | aceito: 08/06/2026 | publicação: 11/06/2026**

fenômenos em profundidade, considerando o contexto e a interpretação dos significados presentes na literatura analisada (MINAYO, 2001). Essa abordagem é coerente com o problema de pesquisa deste trabalho, pois o impacto do WMS não é um fenômeno mensurável diretamente neste estudo, mas sim de interpretação e síntese sistemática das evidências já produzidas pela comunidade científica. Quanto aos objetivos, classifica-se como exploratória e descritiva (GIL, 2017): exploratória, porque o problema de pesquisa investiga um campo tecnológico em rápida evolução, para o qual ainda não há síntese consolidada no contexto brasileiro; descritiva, porque busca mapear e caracterizar, de forma sistemática, os impactos, requisitos, desafios e tecnologias associados ao WMS, respondendo diretamente aos objetivos específicos derivados da questão de pesquisa.

### **3.1 Protocolo de Revisão**

O protocolo da revisão foi registrado e gerenciado por meio do software StArt (Systematic Review Support Tool), para apoiar a condução de revisões sistemáticas da literatura, conforme sugerido por Fabbri et al. (2016). O processo de seleção e relato dos estudos seguiu as diretrizes do protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), um conjunto de diretrizes internacionais desenvolvido para garantir transparência, qualidade e reprodutibilidade em revisões sistemáticas (PAGE et al., 2021). Seguem, em detalhe, os passos: i) identificação das fontes e triagem; ii) extração de dados dos artigos incluídos.

### **3.2 Identificação das fontes de informação e Triagem**

A identificação de artigos foi realizada nas bases de dados Web of Science, Scopus e SciELO. O string genérico de busca aplicada foi: TITLE-ABS-KEY( (Warehouse Management System\* OR WMS) AND (improvement\* OR efficiency OR challenge\* OR requirement\* OR automation) AND (distribution center\* OR warehouse\*) AND (RFID OR barcode OR IoT OR robot\* OR identification technology) ). As buscas retornaram 1.351 registros brutos: 246 no Scopus, 562 no Web of Science e 543 no SciELO.

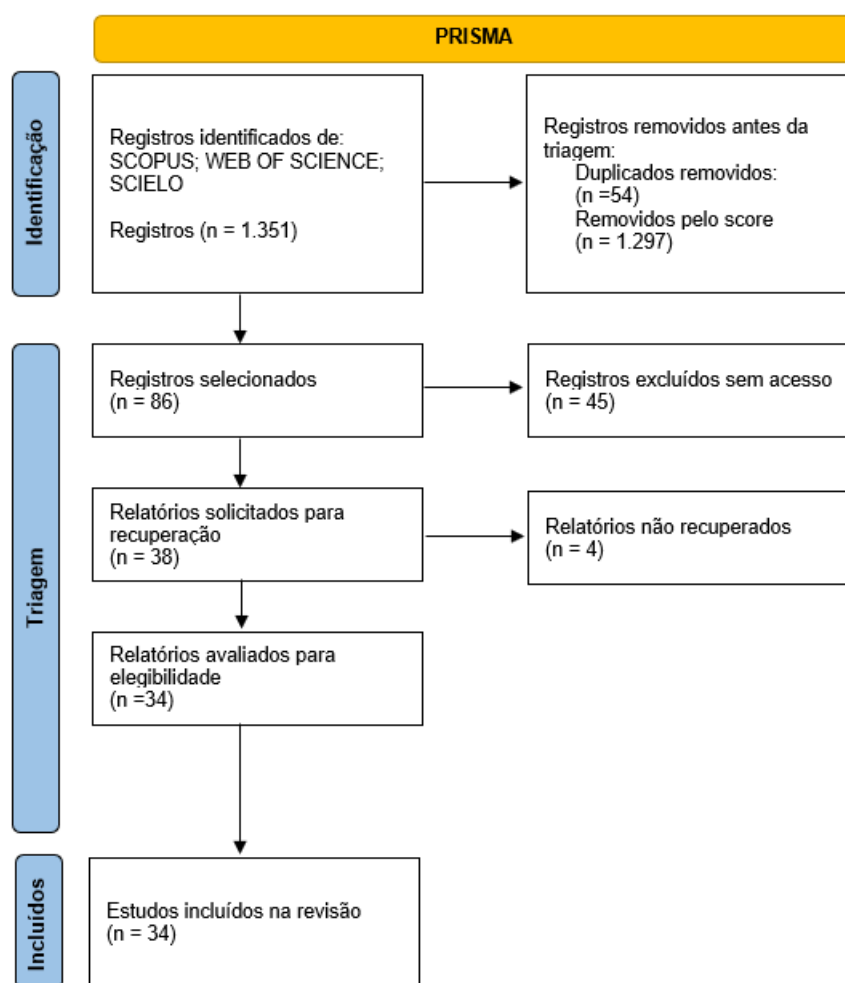
Para limpar os 1.351 artigos, foram estabelecidos critérios formais de inclusão e exclusão. Quanto aos critérios de inclusão, foram considerados elegíveis os artigos revisados por pares, dissertações de mestrado e trabalhos de conclusão de curso que apresentassem metodologia explícita; as publicações nos idiomas português e inglês; os estudos que

**Ano VII, v.1 2026 | submissão: 05/06/2026 | aceito: 08/06/2026 | publicação: 11/06/2026**

analisassem o uso prático do WMS em contextos físicos de armazenagem ou em centros de distribuição; e os trabalhos que evidenciassem melhorias de produtividade, requisitos técnicos, desafios ou interações com tecnologias associadas ao WMS.

Quanto aos critérios de exclusão, foram descartados os artigos de opinião comercial, editoriais e resumos de congresso sem detalhamento metodológico; os estudos que abordassem o WMS sob a perspectiva exclusiva do desenvolvimento de software, sem aplicação física em ambiente de armazenagem; os trabalhos em áreas não relacionadas ao tema, como saúde, agricultura e mineração; e os registros duplicados não eliminados automaticamente na fase de importação no software StArt.

Após a aplicação dos critérios de exclusão, adotou-se um fluxo de filtragem, conforme definido por Fabbri et al. (2016), para selecionar artigos relevantes. O fluxo de filtragem foi conduzido em três fases sequenciais, com remoção de irrelevância por pontuação (score). Na primeira fase, utilizou-se o recurso de *score* do StArt para ranquear os estudos por relevância com base na frequência e na combinação dos termos da equação de busca nos campos de título, resumo e palavras-chave. Os registros com menor aderência temática foram arquivados, o que resultou na seleção dos 50 estudos com maior alinhamento ao tema para a fase de elegibilidade. Na segunda fase, os 50 estudos foram submetidos à triagem por título e resumo com aplicação dos critérios de elegibilidade. Na terceira fase, os estudos aprovados foram submetidos à leitura completa com suporte da plataforma Elicit, resultando no corpus final de 34 artigos. O fluxograma PRISMA do processo de seleção é apresentado na Figura 1.



Fonte: elaboração própria.

### 3.3 Extração de Dados de artigos incluídos

Os 34 artigos selecionados foram processados na plataforma *Elicit*. Esta ferramenta de inteligência artificial foi desenvolvida para automatizar e acelerar processos de revisão sistemática da literatura (AKTAY, 2024). A plataforma foi parametrizada para responder às perguntas de extração do Quadro 2, diretamente vinculadas aos objetivos específicos deste trabalho. As perguntas foram formuladas em inglês para compatibilidade com o processamento linguístico da plataforma. Todos os resultados gerados pela ferramenta foram confirmados por leitura manual na extração de dados de cada artigo.

Cód.	Pergunta de extração (inglês / português)	Objetivo correspondente
QE1	What operational improvements or benefits does the WMS provide? Quais melhorias ou benefícios operacionais o WMS proporciona?	OE-b: mapear resultados de eficiência
QE2	What problems or difficulties does the WMS face? Quais são os problemas ou dificuldades enfrentados pelo WMS?	OE-d: levantar desafios e barreiras
QE3	What automation systems are used with the WMS? Quais sistemas de automação são usados com o WMS?	OE-a: identificar tecnologias
QE4	What is the main conclusion about WMS performance or implementation? Qual é a principal conclusão sobre o desempenho ou a implementação do WMS?	Síntese geral
QE5	Does the study report a measurable result? (accuracy rate, error reduction, cycle time) O estudo apresenta um resultado mensurável? (taxa de precisão, redução de erros, tempo de ciclo)	OE-b e OE-a: evidências de impacto

Quadro 2 — Perguntas de extração parametrizadas no Elicit e objetivos específicos correspondentes

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa é composta por 34 estudos publicados entre 2009 e 2026, predominantemente artigos empíricos que adotam o estudo de caso ou o design experimental como metodologia, complementados por revisões sistemáticas da literatura. A discussão está estruturada em cinco seções que seguem, na mesma ordem, as perguntas de extração definidas na metodologia.

### 4.1 Melhorias do WMS

A análise dos estudos identificou dois eixos centrais de melhoria: a eficiência operacional dos processos de armazém e a acurácia do inventário.

A eficiência operacional é o benefício mais consistentemente documentado nos estudos analisados, manifestando-se em três dimensões interrelacionadas: redução expressiva do tempo de processamento, diminuição dos custos de mão de obra e melhoria na utilização da capacidade instalada. Os maiores ganhos são observados nos estudos que combinam RFID com redesenho de processos. Chen et al. (2013) relataram redução expressiva no tempo total de

Ano VII, v.1 2026 | **submissão: 05/06/2026** | **aceito: 08/06/2026** | **publicação: 11/06/2026**

operação ao integrar RFID a práticas de Manufatura Enxuta e cross-docking em um Centro de Distribuição.

Zhang (2025) documentou reduções expressivas nos tempos de processamento de entrada, de contagem de inventário e de saída de produtos após a migração de código de barras para RFID, com redução substancial simultânea dos custos de mão de obra. Hehua (2021), em um estudo de simulação em uma empresa de e-commerce, demonstrou que o RFID passivo reduziu significativamente os tempos de espera tanto na fase de armazenagem quanto na de reconfirmação de itens, com impacto positivo nas taxas de conclusão de pedidos. Wang et al. (2010) reportaram que a mesma instalação que reduziu significativamente o pessoal de carregamento ampliou de forma considerável a utilização da capacidade do armazém, configurando um ganho líquido de produtividade sistêmica, resultado coerente com a perspectiva do OEE (Overall Equipment Effectiveness), amplamente utilizado na Engenharia de Produção (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018). Os sistemas baseados em IoT, reportados por Hamdy et al. (2022) e Jarašūnienė et al. (2023), documentaram melhorias substanciais na precisão da previsão de demanda e na eficiência do processamento de pedidos, demonstrando que a IoT adiciona uma dimensão preditiva ao WMS que vai além da simples rastreabilidade.

A melhoria da acurácia do inventário é o achado mais robusto e consistente desta revisão. Ao contrário das reduções no tempo de processamento, que apresentam boa variabilidade conforme o contexto, os resultados de acurácia convergem para um padrão comum e previsível, independentemente do setor, país ou porte da operação: todos os estudos que compararam cenários antes e depois da implementação reportaram elevação expressiva da acurácia após a adoção de um WMS integrado ao RFID. O Quadro 3 sintetiza qualitativamente os achados dos principais estudos.

Estudo	Tecnologia	Nível pré-WMS	Nível pós-WMS	Observação qualitativa
Wang et al. (2010)	RFID-DWMS	Baixo	Elevado	Maior ganho absoluto — operação partia de controle manual
Zhang (2025)	RFID	Baixo	Elevado	Comparação barcode × RFID em operação de grande porte
Jarašūnienė et al. (2023)	IoT, cloud	Moderado	Elevado	Efeito teto — baseline já digitalizado antes
Fu et al. (2023)	RFID passivo	Não informado	Elevado	Acurácia de contagem e stock-taking em ambiente fabril
Kong et al. (2024)	RFID + R-CNN	Não informado	Elevado	Integração de visão computacional ao RFID para

				reconhecimento
--	--	--	--	----------------

Quadro 3 — Síntese qualitativa dos impactos do WMS sobre a acurácia do inventário

Fonte: elaboração própria.

Esse padrão convergente possui explicação técnica, identificada por Iorga et al. (2026): as taxas de leitura do RFID UHF passivo apresentam um limite prático natural, determinado por fatores ambientais como interferência eletromagnética, orientação das etiquetas e zonas de sombra, o que estabelece um teto de desempenho para essa tecnologia nas condições reais de operação, independentemente do contexto setorial ou do porte da instalação. Essa convergência tem implicações diretas para a gestão dos ativos de giro nos CDs. Conforme Assaf Neto (2014), os estoques compõem uma parcela significativa do ativo circulante e seu controle inadequado compromete tanto a liquidez quanto a rentabilidade organizacional. A implementação do WMS integrado ao RFID reduziu drasticamente as divergências de inventário, com impacto direto no planejamento financeiro e no nível de serviço ao cliente (CORRÊA, 2017). Alherimi et al. (2024), em revisão sistemática sobre abordagens de otimização em warehousing digital, confirmaram que tecnologias como AGV, IoT e robôs colaborativos elevam a utilização do espaço e reduzem os custos totais de operação, reforçando a direção dos achados desta revisão.

#### 4.2 Dificuldades Enfrentadas pelo WMS

O engajamento da liderança é um fator crítico recorrente nos estudos. Vatumalae et al. (2022) demonstram que a prontidão organizacional, que compreende engajamento gerencial, capacitação da equipe e redesenho de processos antes da implementação, é tão determinante quanto a tecnologia adotada. Minashkina e Happonen (2023) relatam ciclos de implementação de WMS de 3 a 30 meses, com lançamentos escalonados como boa prática.

Atieh et al. (2016) demonstraram, em estudo de caso no setor de telecomunicações na Jordânia, que a implementação de WMS automatizado eliminou integralmente os erros de etiquetagem e reduziu a dependência de serviços terceirizados de rotulagem, ganhando-se com a automação da captura de dados. No entanto, a qualidade dos dados cadastrais pré-existentes (SKUs, endereçamento e histórico de movimentações) é condição prévia indispensável. Kmiecik (2022), em análise de 29 redes de distribuição 3PL, confirma que a consistência dos dados é o fator que mais fortemente se correlaciona com os resultados de acurácia obtidos, em consonância com o princípio de controle da qualidade na entrada do processo, como já advertia Corrêa (2017).

Ano VII, v.1 2026 | **submissão: 05/06/2026** | **aceito: 08/06/2026** | **publicação: 11/06/2026**

O custo de instalação constitui a principal barreira à adoção do WMS, especialmente para pequenas e médias empresas, que enfrentam *um payback consideravelmente mais longo em comparação com grandes operações; a literatura apresenta escassez de análises formais de retorno sobre o investimento*, sendo Kučera (2017) uma das poucas exceções com dados documentados (JARAŠŪNIENĖ et al., 2023). As limitações técnicas do RFID constituem a segunda categoria, com destaque para a interferência eletromagnética de estruturas metálicas, a sensibilidade à orientação das etiquetas e a ocorrência de zonas de sombra, fatores que estabelecem um limite natural de desempenho para a tecnologia em condições reais de operação (IORGA et al., 2026; CHEN et al., 2013). A integração com sistemas legados constitui a barreira técnica mais persistente em contextos de operadores logísticos terceirizados (3PL), em que a incompatibilidade entre as plataformas utilizadas por clientes e parceiros dificulta a implantação de soluções integradas (MINASHKINA; HAPPONEN, 2023).

#### 4.3 Sistemas de Automação Utilizados com o WMS

Os estudos mostram uma progressão tecnológica que vai da identificação automática à automação física plena, organizada em quatro gerações distintas. O RFID é o sistema de automação mais frequentemente integrado ao WMS no corpus, presente em mais de 15 dos 34 artigos. Seu funcionamento baseia-se na leitura de etiquetas por radiofrequência, sem necessidade de linha de visada direta, permitindo a captura automática de dados de múltiplos itens simultaneamente. Poon et al. (2009) desenvolveram um dos primeiros sistemas integrados de gestão de recursos logísticos, baseado em RFID e em raciocínio baseado em casos (R-LRMS), demonstrando que a automação da formulação de soluções de picking pode reduzir significativamente o tempo de preparação de pedidos em ambientes industriais. O código de barras, por sua vez, permanece relevante como solução de menor custo e maior maturidade, sendo frequentemente combinado com o RFID em fases de transição tecnológica (ZHANG, 2025; KUČERA, 2017). Hidayah e Priambodo (2023) demonstraram que a aplicação de leitores RFID em um sistema WMS reduziu significativamente os erros de identificação de itens em comparação com o processo manual, reforçando a superioridade da radiofrequência sobre métodos convencionais, mesmo em operações de menor escala.

A IoT representa a segunda camada de automação identificada nos estudos, adicionando capacidade preditiva ao WMS por meio de redes de sensores que monitoram continuamente as condições do armazém. Hamdy et al. (2022) propuseram um sistema IoT

**Ano VII, v.1 2026 | submissão: 05/06/2026 | aceito: 08/06/2026 | publicação: 11/06/2026**

baseado em Node-RED e MongoDB, capaz de integrar dados de sensores ao WMS em tempo real. Ruqnuzzaman et al. (2026) confirmam, em uma revisão sistemática de 107 artigos, que as redes de sensores IoT constituem a principal fronteira de inovação na gestão inteligente de armazéns.

Kong et al. (2024) integram RFID a redes neurais convolucionais para o reconhecimento e a localização automática de produtos, demonstrando que a combinação de radiofrequência e visão computacional proporciona capacidade de identificação superior à de cada tecnologia isolada. Essa convergência entre RFID e IA conecta-se ao paradigma da Indústria 4.0 descrito por Hermann, Pentek e Otto (2016). Mancini et al. (2023) investigaram a variante chipless de RFID que elimina o circuito integrado das etiquetas, reduzindo substancialmente o custo unitário, como alternativa para operações sensíveis ao preço. Embora os resultados indiquem viabilidade técnica, a tecnologia ainda se encontra em fase de prototipagem e carece de validação em escala industrial. Ekren et al. (2026) introduzem o conceito de Warehousing 5.0, que prevê a integração de robôs colaborativos, sistemas de armazenagem e de recuperação automatizados e veículos guiados autônomos ao WMS, operando em redes 5G de baixa latência, alinhados ao conceito de Indústria 5.0 de Maddikunta et al. (2022).

#### **4.4 Desempenho do WMS**

A síntese das conclusões dos estudos evidencia três linhas predominantes. A primeira é que a implementação do WMS representa uma transformação estrutural nas operações logísticas: Chen et al. (2013) e Wang et al. (2010) concluem que o WMS elimina fontes sistêmicas de desperdício e viabiliza um modelo de gestão de armazém completamente distinto do modelo manual. A segunda linha conclusiva é que o contexto operacional modera os resultados: Jarašūnienė et al. (2023) e Minashkina e Happonen (2023a) concluem que instalações com baseline tecnológica mais baixa obtêm os maiores ganhos relativos, enquanto operações já parcialmente digitalizadas apresentam melhorias mais modestas. A terceira linha enfatiza que o WMS isolado não é suficiente: sua eficácia depende da integração com tecnologias de identificação, sistemas ERP e práticas organizacionais alinhadas (YANG; YAN, 2023; RUQNUZZAMAN et al., 2026).

Ano VII, v.1 2026 | **submissão: 05/06/2026** | **aceito: 08/06/2026** | **publicação: 11/06/2026**

#### 4.5 Impacto Operacional nos Estudos Analisados

A análise identificou que o tipo de evidência dominante é o de estudos de caso com comparação antes/depois da implementação do WMS, em uma única instalação, sem grupo de controle. Essa abordagem, embora forneça evidências empíricas diretas e contextualizadas, apresenta limitações metodológicas para a atribuição causal dos resultados, pois mudanças simultâneas no processo de reorganização do armazém, no treinamento de equipe e no redesenho do layout podem contribuir para os ganhos observados de forma independente da tecnologia (BASHATAH; ELNAGGAR, 2025).

Do conjunto de estudos analisados, a grande maioria apresenta evidências de natureza descritiva, com relatos de melhoria baseados em observação e comparação direta, sem aplicação de instrumentos formais de validação estatística. Apenas um estudo (BASHATAH; ELNAGGAR, 2025) adotou um design experimental com rigor metodológico formal, obtendo melhorias consistentes e estatisticamente comprovadas, ainda que de menor magnitude do que as dos demais estudos. Esse contraste evidencia uma lacuna metodológica relevante no campo: os estudos com maior rigor formal tendem a reportar impactos mais modestos, enquanto os mais expressivos carecem de validação estatística padrão, o que deve ser considerado na interpretação dos achados desta revisão.

### CONCLUSÕES

Esta revisão bibliográfica sistemática analisou 34 estudos publicados entre 2009 e 2026, com o objetivo de compreender o impacto do WMS e de tecnologias digitais associadas na acurácia do inventário e na eficiência operacional em centros de distribuição.

O WMS integrado ao RFID eleva a acurácia do inventário de forma consistente para 98%–99,8%, independentemente do setor, do país ou do porte da operação. Esse efeito teto é explicado tecnicamente pelas taxas de leitura do RFID UHF passivo, que definem matematicamente o limite prático alcançável. Reduções expressivas nos tempos de processamento são alcançáveis em operações que migram de sistemas manuais para RFID integrado a redesenho de processo, com os maiores ganhos ocorrendo quando a tecnologia e o Lean Manufacturing são combinados. O fator que mais determina a magnitude dos resultados é a maturidade tecnológica da baseline anterior, não a sofisticação da tecnologia adotada. Fatores organizacionais, como o apoio da liderança, a qualidade dos dados e a integração com o ERP, são tão determinantes para o sucesso quanto a tecnologia em si.

## REFERÊNCIAS

- AKTAY, Sayim. AI in academia: analysis of an AI tool. *Anais do Latin America International Conference on Scientific Research*, 8, 2024, Havana, Academy Global Publishing House, 2024. p. 399–404.
- ALHERIMI, Nadin; SAIHI, Afef; BEN-DAYA, Mohamed. A systematic review of optimization approaches employed in digital warehousing transformation. *IEEE Access*, v. 12, p. 145809–145831, 2024.
- ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças corporativas e valor**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2014.
- ATIEH, Anas M. et al. Performance improvement of inventory management system processes by an automated warehouse management system—*Procedia Cirp*, v. 41, p. 568–572, 2016.
- BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos-: Logística Empresarial**. Bookman Editora, 2009.
- BASHATAH, Jomana A.; ELNAGGAR, Ghada Ragheb. Enhancing Warehouse Picking Efficiency Through Integrated Allocation and Routing Policies: A Case Study Towards Sustainable and Smart Warehousing. *Applied Sciences*, v. 15, n. 20, p. 11186, 2025.
- CHEN, James C. et al. Warehouse management with lean and RFID application: a case study. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 69, n. 1, p. 531–542, 2013.
- CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e no gerenciamento de projetos. *Anais do Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto*, 8, 2011, Porto Alegre.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. *Administração de produção e operações: manufatura e serviços — uma abordagem estratégica*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- DAIOS, Adamos; KOSTAVELIS, Ioannis. Industry 4.0 technologies in distribution centers: A survey. In: **Olympus International Conference on Supply Chains**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. p. 3–11.
- DU, Chenglong. Logistics and warehousing intelligent management and optimization based on radio frequency identification technology—*Journal of Sensors*, v. 2021, n. 1, p. 2225465, 2021.
- EKREN, Banu Y. et al. Warehousing 5.0 for the future of the logistics industry. **International Journal of Production Research**, p. 1-11, 2026.
- FABBRI, Sandra et al. Improvements in the StArt tool to better support the systematic review process. In: **Proceedings of the 20th international conference on evaluation and assessment in software engineering**. 2016. p. 1–5.
- FU, Yao et al. Research on the application of passive RFID technology in warehouse management. In: **Second International Conference on Digital Society and Intelligent Systems (DSInS, 2022)**. SPIE, 2023. p. 683–686.
- GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- KMIECIK, Mariusz. Logistics coordination based on inventory management and transportation planning by third-party logistics (3PL)—*sustainability*, v. 14, n. 13, p. 8134, 2022.
- GRZYBOWSKA, K.; TUBIS, A.; KMIECIK, M. Logistics coordination based on inventory management and transportation planning by third-party logistics (3PL): *sustainability*, 2022.
- HAMDY, Walaa; AL-AWAMRY, Amr; MOSTAFA, Noha. Warehousing 4.0: A proposed system of using Node-Red for applying the Internet of Things in warehousing. **Sustainable Futures**, v. 4, p. 100069, 2022.
- HEHUA, Mao. Application of Passive Wireless RFID Asset Management in Warehousing of Cross-Border E-Commerce Enterprises. *Journal of Sensors*, v. 2021, n. 1, p. 6438057, 2021.
- HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. Design principles for Industry 4.0 scenarios. In: **2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS)**. IEEE, 2016. p. 3928–3937.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 05/06/2026 | aceito: 08/06/2026 | publicação: 11/06/2026

- HIDAYAH, Rohmah; PRIAMBODO, Joko; BUDIPRAYITNO, Slamet. Warehouse Management System Application using RFID Reader. In: **2023 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacturing and Industrial Automation (ICAMIMIA)**. IEEE, 2023. p. 799–803.
- IORGA, Ioana et al. Automatic Inventory of Wiring Harness Components Using UHF RFID Technology. **Logistics**, v. 10, n. 2, p. 33, 2026.
- JARAŠŪNIENĖ, Aldona; ČIŽIŪNIENĖ, Kristina; ČEREŠKA, Audrius. Research on the impact of IoT on warehouse management—sensors, v. 23, n. 4, p. 2213, 2023.
- KONG, Lin et al. Design and Application of an Intelligent Warehouse Management System Based on RFID and Image Recognition Technology. In: **2024 IEEE 6th International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology (ICCASIT)**. IEEE, 2024. p. 219-223.
- KUČERA, Tomáš. Logistics cost calculation for implementing a warehouse management system: a case study. **Digitální knihovna UPCE** 2017.
- LIU, BinBin; CAI, Jie. Design of Logistics Intelligent Warehouse Management System Based on Radio Frequency Identification Technology for 5G—Wireless **Communications and Mobile Computing**, v. 2023, n. 1, p. 8060198, 2023.
- MADDIKUNTA, Praveen Kumar Reddy et al. Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 26, p. 100257, 2022.
- MANCINI, Henry; DA SILVA NETO, Lauro Paulo. Detecting RFID chipless technology with software-programmed radio: a study of slit and line configurations. **DYNA**, v. 90, n. 229, p. 114–120, 2023.
- MINASHKINA, Daria; HAPPONEN, Ari. A systematic literature mapping of current academic research linking warehouse management systems to the third-party logistics context. **Acta Logistica (AL)**, v. 10, n. 2, p. 209, 2023a. ]
- MINASHKINA, Daria; HAPPONEN, Ari. Warehouse management systems for social and environmental sustainability: a systematic literature review and bibliometric analysis—**Logistics**, v. 7, n. 3, p. 40, 2023b.
- MINAYO, Maria Cecilia de Souza. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. 9. ed. São Paulo: Hucitec, 2001.
- MISAHUAMAN, Gunther; DAZA, Alfredo; ZAVALETA, Emily. Web-based systems for inventory control in organizations: A Systematic Review. In: **2021 IEEE/ACIS 22nd International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD)**. IEEE, 2021. p. 15–20.
- MOURA, R. A. Manual de logística: armazenagem e distribuição física. São Paulo: IMAM, 2006.
- PAGE, Matthew J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, 2021.
- PERERA, S. et al. Influence of IoT on warehouse management performance in the global context: a critical literature review. In: **International Conference on Sustainable & Digital Business**, 2023. DOI: 10.54389/mlep9597.
- POON, T. C. et al. A RFID case-based logistics resource management system for managing order-picking operations in warehouses—**Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 4, p. 8277–8301, 2009. DOI: 10.1016/j.eswa.2008.10.011.
- RUQNUZZAMAN, Md et al. A Systematic Review of Recent Advances in IoT-Based Sensor Networks for Warehouse Management. **Results in Engineering**, p. 109195, 2026.
- SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. Administração da produção. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2018.



**Ano VII, v.1 2026 | submissão: 05/06/2026 | aceito: 08/06/2026 | publicação: 11/06/2026**

VATUMALAE, Vellian et al. A study of retail hypermarket warehouse inventory management in Malaysia. **SMART Journal of Business Management Studies**, v. 18, n. 1, p. 71–79, 2022.

ZHOU, Xuemei; WANG, Fengluan. Design and Implementation of Warehousing Logistics Management System. In: **Proceedings of the 2025 International Conference on Artificial Intelligence and Smart Manufacturing**. 2025. p. 619-626.

WANG, H.; CHEN, S.; XIE, Y. An RFID-based digital warehouse management system in the tobacco industry: a case study—**International Journal of Production Research**, v. 48, n. 9, 2010.

YANG, T.; YAN, H. Research and application of an intelligent universal WMS system based on inventory classification. In: **International Conference on Information Science and Engineering**, 2023.

ZHANG, Y. Impact of RFID technology on the efficiency of intelligent logistics warehouse management. **IEEJ Journal of Industry Applications**, 2025.

ZHEN, Lu; LI, Haolin. A literature review of smart warehouse operations management. **Frontiers of Engineering Management**, v. 9, n. 1, p. 31-55, 2022.